

БИОИНДИКАЦИЯ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК 57.033+58.051+573.6

DOI: 10.18384/2712-7621-2023-3-186-199

ОЦЕНКА ПРИМЕНИМОСТИ ИСКУССТВЕННЫХ ПОЧВОГРУНТОВ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ РАСТЕНИЙ

Дроганова Т. С.¹, Севостьянов М. А.², Мазуркевич А. А.³, Давыдова Е. Д.⁴

¹ Государственный университет просвещения, 141014, Московская обл., г. Мытищи, ул. Веры Волошиной, д. 24, Российская Федерация; e-mail: tatyana.droganova@gmail.com

² Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, 143050, Московская область, г. Одинцово, р.п. Большие Вязёмы, ул. Институт, д. 5, Российская Федерация; e-mail: stakpr@mail.ru

³ Государственный университет просвещения, 141014, Московская обл., г. Мытищи, ул. Веры Волошиной, д. 24, Российская Федерация; e-mail: timocha3k@gmail.com

⁴ Государственный университет просвещения, 141014, Московская обл., г. Мытищи, ул. Веры Волошиной, д. 24, Российская Федерация; e-mail: elizaveta.dav@yandex.ru

Поступила в редакцию 13.12.2022

После доработки 24.03.2023

Принята к публикации 31.05.2023

Аннотация

Цель. Оценка применимости искусственных почвогрунтов для выращивания лекарственных растений.

Процедура и методы. Для выявления применимости почвогрунтов при выращивании лекарственных растений изучались: всхожесть посадочного материала, вегетация, а также биохимические параметры выращенных растений. В качестве субстратов изучены коммерческие почвогрунты: «Grunt ECO», смесь торфяная «Veltorf», почвогрунт для проращивания семян «Substrates Select», в качестве контроля взята нативная почва полевого севооборота, а в качестве индикаторного вида растений – кресс-салат. Основные исследования проведены на различных культурах лекарственных растений.

Результаты. Показаны удовлетворительные результаты при выращивании лекарственных растений, а также кресс-салата, на почвогрунтах «Grunt ECO» и «Substrates Select». При оценке фитоприменимости торфяного почвогрунта «Veltorf» отмечена гибель большого количества исследуемых растений.

© СС ВУ Дроганова Т. С., Севостьянов М. А., Мазуркевич А. А., Давыдова Е. Д., 2023.

Теоретическая и/или практическая значимость. Изученные почвогрунты являются продуктами промышленной биотехнологической переработки отходов, что определяет целесообразность расширения областей их использования. В настоящем исследовании определена возможность применения почвогрунтов в сравнении с нативной почвой полевого севооборота для выращивания лекарственных растений. Поскольку состав и свойства почвогрунтов существенно зависят от исходных компонентов и технологии ферментирования, то их фитоприменимость для разных целей должна изучаться.

Ключевые слова: почвогрунты, фитоприменимость, кислая фосфатаза, каталаза, хлорофилл, компостирование, лекарственные растения, всхожесть, биохимические параметры

Благодарности. Исследование выполнено в рамках реализации комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства, предусмотренного постановлением Правительства РФ от 09.04.2010 № 218 по теме «Высокотехнологичное производство грунтов методами инновационной переработки отходов» (Контракт № 075-11-2021-059 от 24 июня 2021 г., идентификатор государственного контракта 000000S407521QL90002).

DETERMINATION OF THE POSSIBILITY OF USING ARTIFICIAL SOILS FOR GROWING PLANTS

T. Drozanova¹, M. Sevostyanov², A. Mazurkevich¹, E. Davydova¹

¹ State University of Education, ul. Very Voloshinoy 24, Mytishchi 141014, Moscow Region, Russian Federation; e-mail: tatyandroganova@gmail.com

² All-Russian Research Institute of Phytopathology, ul. Institut 5, Bolshiye Vyazyomy, Odintsovo 143050, Moscow Region, Russian Federation; e-mail: cmakp@mail.ru

³ State University of Education, ul. Very Voloshinoy 24, Mytishchi 141014, Moscow Region, Russian Federation; e-mail: timocha3k@gmail.com

⁴ State University of Education, ul. Very Voloshinoy 24, Mytishchi 141014, Moscow Region, Russian Federation; e-mail: elizaveta.dav@yandex.ru

Received 13.12.2022

Revised 24.03.2023

Accepted 31.05.2023

Abstract

Aim. To assess the applicability of soils for growing medicinal plants.

Methodology. In order to identify the applicability of potting soil in the cultivation of medicinal plants, the germination of planting material, vegetation, and biochemical parameters of the grown plants were studied. Commercial soils Grunt ECO, Veltorf peat mixture, Substrates Select seed germination soil were studied as substrates, native soil of field crop rotation was taken as a control, and cress was used as an indicator plant species. The main studies were carried out on different medicinal plant cultures.

Results. The possibility of using the studied soils Grunt ECO and Substrates Select for growing medicinal plants, as well as cress, is shown. When evaluating the phytoapplicability of the Veltorf peat soil, the death of some of the studied plants was noted.

Research implications. The studied soils are products of industrial biotechnological processing of wastes, which determines the expediency of expanding the areas of their use. In the present study, the possibility of using soil-soil compared to native soil of field crop rotation for cultivation of medicinal plants was determined. Their composition and properties significantly depend on the initial components and fermentation technology, and their applicability for different purposes should be studied.

Keywords: artificial soils, phytoapplicability, composting, medicinal plants, germination, fertility, biochemical parameters

Acknowledgments. The research was carried out within the framework of implementation of the comprehensive project on creation of high-tech production, stipulated by the Resolution of the Government of the Russian Federation dated 09.04.2010 № 218 on the topic “High-tech production of soils by methods of innovative waste processing” (Contract № 075-11-2021-059 dated 24 June 2021, state contract identifier 000000S407521QL90002).

Введение

В настоящее время существует проблема нехватки плодородного грунта при осуществлении рекультивационных мероприятий техногенно-нарушенных территорий. Для решения данной проблемы можно использовать почвогрунты, произведённые на основе твёрдых бытовых отходов [10]. Кроме того, биотехнологическая аэробная переработка органических отходов позволит отказаться от применения низкоэффективных и неэкологических предприятий по захоронению и сжиганию отходов, содержащих органические природные вещества. Степень и качество переработки органических отходов биотехнологическими методами определяет возможности использования образующихся компостов в различных направлениях деятельности. Такими направлениями являются: сельское хозяйство, садово-парковое использование и ремедиация техногенно-нарушенных территорий [11]. В любом из этих направлений использования главное условие – это отсутствие фитотоксичности почвогрунтов, которое может проистекать из нарушения технологий аэробного био-

технологического процесса, а также из отсутствия должного контроля на стадии приёма и сортировки исходных компонентов – органических отходов.

Как и любое крупнотоннажное производство, технологии производства искусственных почвогрунтов должны строго контролироваться на всех стадиях процесса, а технологический регламент – постоянно совершенствоваться. Нарушение технологических режимов аэробного биохимического процесса ведёт к появлению в почвогрунтах нехарактерных для почв токсичных и дурнопахнущих примесей, нежелательной микробиоты, что приводит к снижению потребительских качеств готовой продукции.

Настоящая работа посвящена определению применимости почвогрунтов для выращивания растений.

Основными параметрами, характеризующими фитоприменимость, являются параметры всхожести, роста и развития, а также биохимические параметры растений: концентрация хлорофиллов, активность ферментов обменного комплекса, в частности, каталазы, кислой фосфатазы.

Поскольку почвогрунты являются искусственно созданной почвой, не содержащей семян сорных растений и имеющей малую бактериальную обсеменённость, то их можно рассматривать в качестве субстратов для технологичного выращивания лекарственных растений.

Для контроля за ростом и развитием растений на почвогрунтах использованы общепринятые методики [3; 7].

Для оценки фитоприменимости почвогрунтов были выбраны виды растений с различными свойствами и условиями выращивания:

1. ромашка аптечная (*Matricaria chamomilla*) – влаголюбива, произрастает в условиях умеренного климата, высоких требований к плодородию не предъявляет;

2. мята перечная (*Mentha piperita*) – влаголюбивое и светолюбивое растение;

3. тимьян ползучий (*Thymus serpyllum*) произрастает преимущественно в рыхлой почве и в хорошо освещаемом месте;

4. валериана лекарственная (*Valeriana officinalis*) стойка к засухе и заморозкам;

5. кресс-салат¹ (*Lepidium sativum*) предпочитает лёгкие, хорошо аэрируемые почвы; наилучшая всхожесть семян наблюдается на песчаном грунте.

В качестве субстратов² использовали:

- питательный почвогрунт «Grunt ECO»;

- смесь торфяная «Veltoft»;
- почвогрунт «Substrates Select»;
- контроль – нативная почва полевого севооборота (Рязанская обл.).

Посадку и выращивание растений проводили в пластиковых ёмкостях,

помещая в них субстраты, высушенные до воздушно-сухого состояния, массой 230 г. В каждую ёмкость с исследуемым почвогрунтом высаживали по 15 семян лекарственных растений (4 вида) или кресс-салата. Предварительно перед посевом семена обрабатывали слабым раствором перманганата калия и подсушивали.

Для прорастания семян ёмкости накрывали плёнкой. Первые 3 дня семена выдерживались в темноте. Начиная с 4 дня, для ускорения прорастания и последующего роста растений использовалась подсветка светодиодными фитолампами LED-T5-9W (продолжительность подсветки: 16 ч.; длина волны красного спектра (пиковое значение) – 650 нм; длина волны синего спектра (пиковое значение) – 450 нм; угол рассеивания света – 270°). В помещении поддерживались: температура 23°C, относительная влажность воздуха 91%. Полив дистиллированной водой производился по мере высыхания субстрата.

За ростом исследуемых объектов наблюдали в течение всего эксперимента и фиксировали все отмеченные изменения.

Среднюю площадь листовой пластины определяли путём сопоставления формы листа с простой геометрической фигурой, поскольку данный метод позволяет провести измерения без отделения листа от растения. Для определения средней площади листовой пластины из каждой группы растений брали 15–20 случайных листьев.

Исследование активности ферментов, содержания хлорофилла и др. проводили с использованием свежего растительного материала.

¹ Взят в качестве тестового объекта [5].

² Состав субстратов изучен в работе [9].

Оценка применимости искусственных почвогрунтов для выращивания растений

Аппаратура. Белковые экстракты очищали центрифугированием в рефрижераторной центрифуге «Eppendorf 5417 R», содержание хлорофиллов, активность ферментов (каталазы и кистой фосфатазы), концентрацию белка определяли на спектрофотометре «ThermoScientific».

Реагенты, растворы. Для приготовления растительных экстрактов использовали реактивы: *трис*-HCl буфер (0,05 М, pH 8.5); раствор антиоксиданта, приготовленный растворением 4 г Na_2SO_3 и 3 г $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ в дистиллированной воде в мерной колбе ёмкостью 100 см³, содержащий 20% сахаразы.

Для определения белка по методу Лоури использовали водные растворы:

- реактив А (состав (г/дм³) NaOH – 4; Na_2CO_3 – 20); раствор тартрата натрия-калия (20 г/дм³); раствор сульфата меди (10 г/дм³ по $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$);

- реактив В, приготовленный непосредственно перед определением смешиванием 100 см³ раствора А, 1 см³ раствора тартрата натрия-калия и 1 см³ раствора сульфата меди;

- реактив Фолина (1н. раствор), «Panreac».

Для определения активности кистой фосфатазы при анализе растительных экстрактов использовали: ацетатный буфер (0,05 М, pH 4,7); *п*-нитрофенилфосфат (0,01 М); 0,05 М раствор NaOH.

Для определения содержания хлорофиллов А и В в растительных тканях использовали реактивы: карбонат кальция (ч.д.а.); диметилсульфоксид

(ч.д.а.); поливинилпирролидон со средней молярной массой 12600 ± 2700 г/моль (фарм.); экстрагирующий раствор, приготовленный растворением 1,25 г поливинилпирролидона в диметилсульфоксиде в мерной колбе ёмкостью 500 см³.

Для определения активности каталазы в растительных экстрактах использовали реактивы: фосфатный буфер (0,01 М, pH 6,86); раствор дихромата калия в уксусной кислоте (состав: дихромат калия – 50, г/дм³; ледяная уксусная кислота – 330 см³/дм³); пероксид водорода 0,2 М раствор, приготовленный разбавлением 5 см³ 30%-го раствора пероксида водорода (фарм.) в дистиллированной водой в мерной колбе ёмкостью 250 см³. Точную концентрацию пероксида водорода в растворе устанавливали перманганатометрически¹.

Приготовление белковых экстрактов. Навеску измельчённых свежих листьев массой 0,2–0,5 г (точная навеска) перетирали в ступке с 0,1-кратным к массе растительного материала объёмом антиоксиданта и 2-кратным объёмом *трис*-HCl буфера. Полученный гомогенат центрифугировали 45 мин. при 10000 об/мин и $t=4^\circ\text{C}$ и затем отбирали супернатант. Перед исследованием полученные экстракты предварительно разводили в 10 раз [14].

Определение концентрации белка. Для расчёта удельной активности ферментов определяли концентрацию белка методом Лоури [16]. Содержание белка определяли по способности Cu^{2+} образовывать комплексное соединение с пептидами в щелочной среде. При этом происходит восстановление

¹ ГОСТ Р 54038-2010. Почвы. Методика определения 137Cs. М.: Стандартинформ, 2010.

Cu^{2+} до Cu^+ . Ионы Cu^+ реагируют с реактивом Фолина-Чокальтеу с образованием комплекса с максимумом поглощения при 750 нм. Количество комплекса пропорционально содержанию белка в анализируемом образце.

Определение активности каталазы. Для определения активности каталазы использован спектрофотометрический метод [17], в основе которого лежит измерение скорости реакции разложения пероксида водорода под действием каталазы путём определения концентрации неразложившегося пероксида через определённый промежуток от начала реакции. Спектрофотометрическое определение пероксида водорода основано на восстановлении им дихромат-иона в среде уксусной кислоты до иона Cr^{3+} , концентрацию которого определяют по изменению оптической плотности раствора при 570 нм.

Константу скорости разложения пероксида водорода определяли по кинетическому уравнению первого порядка

$$k = \frac{1}{t} \ln \frac{C_0(\text{H}_2\text{O}_2)}{C_t(\text{H}_2\text{O}_2)},$$

где:

$C_0(\text{H}_2\text{O}_2)$ – начальная концентрация пероксида водорода;
 $C_t(\text{H}_2\text{O}_2)$ – концентрация пероксида водорода на момент времени t (мин).

За единицу активности фермента принимали изменение концентрации пероксида водорода в растворе за 1 мин. в расчёте на 1 мг белка.

Определение активности кислой фосфатазы. Активность кислой фосфатазы измерялась спектрофотометрически по скорости гидролиза модельного субстрата n -нитрофенилфосфата

[15]. Количество образовавшегося n -нитрофенола определяли по изменению оптической плотности раствора при 415 нм. Количество фермента, которое катализирует образование 1 мкмоль паранитрофенола за 1 мин. при 37 °С в расчёте на 1 мг белка, принимали за единицу активности фермента.

Определение содержания хлорофиллов. Определение содержания хлорофиллов в образцах растительных тканей проводили спектрофотометрически по методике Дж. Д. Барнс [13]. В основе использованного метода лежит экстракция хлорофиллов из исследуемых образцов раствором поливинилпирролидона в диметилсульфоксиде и последующее спектрофотометрическое определение их концентраций по измеренным значениям оптической плотности экстрактов при $\lambda = 665$ нм и $\lambda = 648$ нм и известным удельным показателям поглощения света хлорофиллами a и b .

Расчёт концентраций хлорофиллов в экстрактах производили по уравнениям:

$$c_A = 1485A^{665} - 5,14A^{648}$$

$$c_B = 2548A^{648} - 7,36A^{665}$$

$$c_{A+B} = 7,49A^{665} + 2034A^{648},$$

где:

c_A – концентрация хлорофилла А, мкг/см³;

c_B – концентрация хлорофилла В, мкг/см³;

c_{A+B} – суммарная концентрация хлорофиллов a и b , мкг/см³.

Пересчёт концентраций хлорофиллов в экстракте на концентрации в рас-

тительной ткани (мг/кг) выполняли по формуле:

$$c(\text{мг} / \text{кг}) = \frac{c(\text{мкг} / \text{см}^3) \cdot V_{\text{экстракта}} (\text{см}^3)}{m_{\text{пробы}} (\text{г})}$$

Всхожесть растений (табл. 1). По полученным данным, всхожесть лекарственных растений на торфяном грунте («Veltorf») оказалась наиболее низкой: из 5 культур удалось вырастить только тимьян ползучий с невысоким процентом всхожести и наиболее устойчивый кресс-салат. Оптимальная всхожесть проявляется на почвогрунте «Grunt ECO». На грунте «Substrates Select» и контрольной почве полевого севооборота отмечены средние значения всхожести.

В связи с низким количеством фитомассы растений, выращенных на «Veltorf», они не изучались биохимически.

Особенности вегетации. Особенности вегетации растений изучены на

примере *Lepidium sativum*. После прорастания растения на всех грунтах успешно прошли стадию развития до появления настоящих листьев. При этом несколько бóльшая скорость роста наблюдалась у растений, выращенных на грунте «Substrates Select». После появления первых листьев были замечены различия в развитии растений на разных грунтах (рис. 1).

Для растений, выращенных на техногенном почвогрунте Grunt ECO (рис. 1а), средняя площадь листовой пластинки на 69 день вегетации составила максимальные $5,7 \pm 0,2 \text{ см}^2$. К 69 дню вегетации некоторые растения, выращенные на данном грунте, перешли в генеративную стадию развития, было отмечено наличие цветения. У растений, выращенных на торфяном почвогрунте Veltorf, наблюдалось отмирание первой пары настоящих листьев, после которого большинство растений погибло (рис. 1б). Гибель растений наблюдалась в промежутке меж-

Таблица 1 / Table 1

Всхожесть лекарственных растений и кресс-салата, % / Germination of medicinal plants and watercress, %

Почвогрунт Растение	Grunt ECO	Veltorf	Substrates Select	Почва полевого севооборота (контроль)
Ромашка аптечная (<i>Matricaria chamomilla</i>)	93	0	43	28
Мята перечная (<i>Mentha piperita</i>)	56	0	30	43
Тимьян ползучий (<i>Thymus serpyllum</i>)	63	23	55	28
Валериана лекарственная (<i>Valeriana officinalis</i>)	38	0	47	32
Кресс-салат (<i>Lepidium sativum</i>)	96	95	97	95

Источник: данные авторов



А. Растение (69 день вегетации), выращенное на почвогрунте «Grunt ECO»

Б. Растение, выращенное на торфяном почвогрунте «Veltorf»

В. Растение, выращенное на грунте для проращивания семян «Substrates Select»

Г. Растение кресс-салата, выращенное на почве полевого севооборота

Рис. 1 / Fig. 1. Морфологические особенности растений (на 69 день вегетации), выращенных на различных субстратах / Morphological features of plants grown (on day 69 of vegetation) on various substrates

Источник: фото авторов

ду 40 и 50 днём вегетации. Растения, выращенные на грунте для проращивания семян Substrates Select, к 69 дню вегетации находились на генеративной стадии развития, имели в среднем 7–8 пар настоящих листьев (рис. 1в). Средняя площадь листовой пластинки составила $1,2 \pm 0,1 \text{ см}^2$. Уродства обнаружены не были. Растения, выращенные на почве полевого севооборота к 69 дню вегетации, находились на ювенильной стадии развития, что, вероятно, связано с их более поздней всхожестью (рис. 1г). Растения развивались без особенностей. Средняя площадь листовой пластинки – $5,1 \pm 0,3 \text{ см}^2$.

Концентрация хлорофилла в растительных тканях. В результате проведённого исследования были определены концентрации хлорофиллов в тканях растений, выращенных на различных субстратах, за исключением торфяного грунта «Veltorf» (табл. 2). Хлорофиллы *a* и *b* представляют собой важнейшие компоненты фотосинте-

тического аппарата растений. Их количественное содержание и отношение характеризует состояние растения.

Анализ тканей выращиваемых растений показал, что у всех растений достигается достаточно высокое содержание хлорофиллов *a* и *b*, сопоставимое со значениями, полученными для растений, выращиваемых на контрольных грунтах. Содержание пигментов достаточно для поддержания гомеостаза. Важным параметром, характеризующим состояние растений, является не только суммарное содержание пигментов, но и их соотношение, поскольку стрессовое воздействие приводит к изменению оптимального соотношения пигментов, тем самым нарушая работу фотосинтетического аппарата растений [2; 8]. При снижении содержания хлорофилла *a* отмечается повышение синтеза хлорофилла *b*, который, компенсируя недостаток основного пигмента, частично берёт на себя его функции [6]. Для исследо-

Таблица 2 / Table 2

Содержание хлорофилла в растительных тканях через 45 суток после посева, мкг/кг
/ The content of chlorophyll in plant tissues 45 days after sowing, µg/kg

Почвогрунт Растение	«Grunt ECO»			«Substrates Select»			Почва полевого севооборота (контроль)		
	Концентрация хлорофиллов (С, мкг/кг)								
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a+b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a+b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a+b</i>
Ромашка аптечная (<i>Matricaria chamomilla</i>)	306 ± 15	243 ± 12	549 ± 26	305 ± 16	178 ± 9	483 ± 24	295 ± 15	101 ± 6	396 ± 20
Мята перечная (<i>Mentha piperita</i>)	401 ± 21	147 ± 7	548 ± 29	370 ± 20	191 ± 10	561 ± 30	377 ± 22	179 ± 9	556 ± 29
Тимьян ползучий (<i>Thymus serpyllum</i>)	411 ± 19	121 ± 6	532 ± 27	401 ± 22	118 ± 6	519 ± 26	396 ± 18	145 ± 7	541 ± 26
Валериана лекарствен- ная (<i>Valeriana officinalis</i>)	327 ± 17	249 ± 14	576 ± 32	292 ± 16	160 ± 9	452 ± 25	427 ± 20	163 ± 8	590 ± 30
Кресс-салат (<i>Lepidium sativum</i>)	364 ± 18	271 ± 14	635 ± 31	440 ± 26	227 ± 12	667 ± 35	370 ± 15	193 ± 9	563 ± 24

Источник: данные авторов

ванных нами растений не было выявлено изменения соотношения хлорофиллов *a* и *b*, что свидетельствует об оптимальных условиях выращивания и характеристиках почвогрунтов.

Удельная активность каталазы (табл. 3). Функцией каталаз является снижение уровня перекиси водорода и окисление органических соединений, в т. ч. хлорофилла.

Таблица 3 / Table 3

Значения удельной активности каталазы растений на 45 сутки после посева семян, МЕ/мг белка / The values of the specific activity of plant catalase on the 45th day after sowing the seeds, U/mg

Почвогрунт Растение	«Grunt ECO»	«Substrates Select»	Почва полевого севооборота (контроль)
	Удельная активность каталазы (МЕ/мг белка)		
Ромашка аптечная (<i>Matricaria chamomilla</i>)	0,046±0,002	0,020±0,001	0,025±0,0013
Мята перечная (<i>Mentha piperita</i>)	0,012±0,001	0,011±0,001	0,080±0,004
Тимьян ползучий (<i>Thymus serpyllum</i>)	0,038±0,001	0,057±0,002	0,036±0,0018
Валериана лекарственная (<i>Valeriana officinalis</i>)	0,039±0,002	0,036±0,001	0,069±0,003
Кресс-салат (<i>Lepidium sativum</i>)	0,044±0,001	0,033±0,002	0,035±0,002

Источник: данные авторов

Исходя из полученных данных, можно сделать следующее заключение, что по всем видам растений, выращенных на почвогрунтах и контрольной почве, значения удельной активности каталазы невысоки. Таким образом, низкие значения активности каталазы в данном случае свидетельствуют о благоприятных условиях вегетации исследуемых растений.

Вместе с тем для каждого из исследованных растений отмечено изменение активности каталазы в зависимости от типа субстрата. Для каталазы растений характерна видоспецифическая реакция на условия выращивания (в данном случае состав субстратов, на которых выращивались растения), что связано с различной антиоксидантной активностью растений, особенностями биосинтеза ферментов, в т. ч. антиоксидантных, а также с разными механизмами генетического регулирования в условиях стресса, т. е. различной устойчивостью растений. Все вышеназванные особенности биохимии и генетики растений могут обусловли-

вать снижение активности или, наоборот, активацию каталазы у разных видов растений, выращиваемых в одних и тех же условиях [1; 4].

Удельная активность кислой фосфатазы (табл. 4). Гидролиз фосфорных эфиров является критическим процессом в энергетическом метаболизме и метаболической регуляции клеток растений. Ключевую роль в процессах гидролиза органических фосфатов играет фермент кислая фосфатаза. В многочисленных исследованиях отмечено, что дефицит фосфора приводит к увеличению активности кислой фосфатазы в растительных клетках [12; 18].

Полученные результаты в отношении кислой фосфатазы исследуемых растений в совокупности с анализом особенностей вегетации, содержания хлорофилла и активности каталазы позволяют сделать заключение, что исследуемые почвогрунты не являются фитотоксичными и оптимальны для выращивания лекарственных растений и кресс-салата.

Таблица 4 / Table 4

Значения удельной активности кислой фосфатазы в тканях лекарственных растений на 45 день после посева, МЕ/мг белка / The values of the specific activity of acid phosphatase in the tissues of medicinal plants on the 45th day after sowing, U/mg

Почвогрунт Растение	«Grunt ECO»	«Substrates Select»	Почва полевого севооборота (контроль)
	Удельная активность кислой фосфатазы (МЕ/мг белка)		
Ромашка аптечная (<i>Matricaria chamomilla</i>)	0,093±0,0047	0,020±0,001	0,055±0,0028
Мята перечная (<i>Mentha piperita</i>)	0,019±0,0009	0,006±0,0003	0,039±0,0019
Тимьян ползучий (<i>Thymus serpyllum</i>)	0,043±0,0022	0,067±0,0034	0,031±0,0016
Валериана лекарственная (<i>Valeriana officinalis</i>)	0,089±0,0045	0,040±0,002	0,134±0,0067

Источник: составлено авторами

Заключение

Фитооценка 3 почвогрунтов в сравнении с нативной почвой полевого севооборота проведена с использованием кресс-салата (*Lepidium sativum*), который был изучен в качестве тестового объекта, а также 4 видов лекарственных растений: ромашка аптечная (*Matricaria chamomilla*), мята перечная (*Mentha piperita*), тимьян ползучий (*Thymus serpyllum*), валериана лекарственная (*Valeriana officinalis*).

При изучении всхожести, вегетации, содержания хлорофилла показана возможность применения исследованных почвогрунтов «Grunt ECO» и «Substrates Select» для выращивания лекарственных растений, а также кресс-салата. Вместе с тем при оценке фито-

применимости торфяного почвогрунта «Veltorf» отмечена гибель большого количества исследуемых растений.

При проведении биохимической оценки выявлено, что низкие значения активности каталазы в растениях, выращенных на искусственных почвогрунтах, а также на контрольной почве свидетельствуют о благоприятных условиях вегетации исследуемых растений. Полученные результаты в отношении кислой фосфатазы в совокупности с анализом особенностей вегетации, содержания хлорофилла и активности каталазы позволяют сделать заключение, что исследуемые почвогрунты не являются фитотоксичными и оптимальны для выращивания лекарственных растений и кресс-салата.

ЛИТЕРАТУРА

1. Активность каталазы травянистых растений в условиях загрязнения городской среды / А. С. Петухов, Н. А. Христин, Т. А. Кремлева, Г. А. Петухова // Самарский научный вестник. 2019. Т. 8. № 1. С. 90–95.
2. Бухарина И. Л., Журавлёва А. Н., Большова О. Г. Городские насаждения: экологический аспект. Ижевск: Удмуртский университет, 2012. 206 с.
3. Дылис Н. В. Программа и методика биогеоэкологических исследований. М.: Наука, 1974. 404 с.
4. Колесниченко В. В., Колесниченко А. В. Изучение влияния высокой концентрации кадмия на функционирование антиоксидантных систем этиолированных проростков пшеницы разной длины // Journal of Stress Physiology and Biochemistry. 2011. Vol. 7. № 3. Р. 212–221.
5. Кубрина Л. В., Супиниченко Е. А. Использование кресс-салата как тест-объекта для оценки загрязнения снежного покрова // Научное обозрение (биология). 2021. № 1. С. 12–15.
6. Кунина В. А., Белоус О. Г. Состояние фотосинтетических пигментов листьев древесных растений в условиях городской среды // Учёные записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия. 2020. Т. 6. № 2. С. 108–118.
7. Литвинов С. С. Методика полевого опыта в овощеводстве. М.: Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства, 2011. 650 с.
8. Максимова Е. В., Косицына А. А., Макурина О. Н. Влияние антропогенных факторов химической природы на некоторые эколого-биохимические характеристики растений // Вестник Самарского государственного университета. Естественная наука. 2007. № 8. С. 146–152.
9. Оценка качества почвогрунтов и их компонентов по показателям содержания органических веществ / А. С. Чепрасова, М. А. Севостьянов, Н. Г. Новикова,

- А. А. Колкова, А. В. Маршева, Д. Б. Петренко, Н. В. Васильев // *Агрохимический вестник*. 2023. № 3. С. 70–74.
10. Пендюрин Е. А., Святченко А. В., Кирюшина Н. Ю. Способ восстановления нарушенных территорий // *Вектор ГеоНаук*. 2022. № 1. С. 83–89.
 11. Почвогрунт: обзор методов получения и возможностей применения / А. П. Глинушкин, Л. Л. Свиридова, М. А. Севостьянов, И. И. Сычева, Е. В. Гришина // *Биотика*. 2018. № 6. С. 10–19.
 12. Acid phosphatase activity in phosphorus-deficient white lupin roots / G. A. Gilbert, J. D. Knight, C. P. Vance, D. L. Allan // *Plant, Cell and Environment*. 1999. Vol. 22. P. 801–810.
 13. A reappraisal of the use of DMSO for the extraction and determination of chlorophylls *a* and *b* in lichens and higher plants / J. D. Barnes, L. Balaguer, E. Manrique, S. Elvira, A. W. Davison // *Environmental and Experimental Botany*. 1992. № 32. P. 85–100.
 14. Biochemical and antioxidant proprieties associated with the adaptation of faba bean (*Vicia faba* L.) – rhizobia symbiosis to phosphorus deficit / M. Mouradi, M. Farissi, A. Khadraji, B. Makoudi, C. Ghoulam // *Journal of Materials and Environmental Science*. 2018. № 9. P. 1574–1581.
 15. Heinonen J. K., Lahti R. A. A new and convenient colorimetric determination to the assay of inorganic pyrophosphatase // *Analytical Biochemistry*. 1981. Vol. 113. № 2. P. 313–317.
 16. Protein measurement with the Folin Phenol Reagent / O. H. Lowry, N. J. Rosenbrought, A. L. Farr, R. L. Rangal // *Journal of Biological Chemistry*. 1951. Vol. 193. № 2. P. 265–275.
 17. Sinha A. K. Colorimetric assay of catalase // *Analytical Biochemistry*. 1972. № 47. P. 389–394.
 18. Żebrowska E., Bujnowska E., Ciereszko I. Differential responses of oat cultivars to phosphate deprivation: plant growth and acid phosphatase activities // *Acta Physiologiae Plantarum*. 2011. Vol. 34. P. 1251–1260.

REFERERNCES

1. Petukhov A. S., Khritokhin N. A., Kremleva T. A., Petukhova G. A. [Activity of catalase in herbaceous plants under urban pollution conditions]. In: *Samarskiy nauchnyy vestnik* [Samara Scientific Bulletin], 2019, vol. 8, no. 1, pp. 90–95.
2. Bukharina I. L., Zhuravleva A. N., Bolyshova O. G. *Gorodskiye nasazhdeniya: ekologicheskiy aspekt* [Urban plantings: environmental aspect]. Izhevsk: Udmurtskiy universitet Publ., 2012. 206 p.
3. Dylis N. V. *Programma i metodika biogeotsenologicheskikh issledovaniy* [Program and methodology of biogeocenological research]. Moscow, Nauka Publ., 1974. 404 p.
4. Kolesnichenko V. V., Kolesnichenko A. V. [Study of the effect of high concentrations of cadmium on the functioning of antioxidant systems of etiolated wheat seedlings of different lengths]. In: *Zhurnal fiziologii i biokhimii stressa* [Journal of Stress Physiology and Biochemistry], 2011, vol. 7, no. 3, pp. 212–221.
5. Kubrina L. V., Supinichenko E. A. [Using watercress as a test object for assessing snow cover pollution]. In: *Nauchnoye obozreniye (biologiya)* [Scientific review (biology)], 2021, no. 1, pp. 12–15.
6. Kunina V. A., Belous O. G. [The state of photosynthetic pigments of leaves of woody plants in an urban environment]. In: *Uchonyye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V. I. Vernadskogo. Biologiya. Khimiya* [Scientific notes of the Crimean Federal University named after V. I. Vernadsky. Biology. Chemistry], 2020, vol. 6, no. 2, pp. 108–118.
7. Litvinov S. S. *Metodika polevogo opyta v ovoshchevodstve* [Methodology of field experience

- in vegetable growing]. Moscow, Vserossiyskiy nauchno-issledovatel'skiy institut ovoshchevodstva Publ., 2011. 650 p.
8. Maksimova E. V., Kositsyna A. A., Makurina O. N. [Influence of anthropogenic factors of chemical nature on some ecological and biochemical characteristics of plants]. In: *Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo sluzhashchego universiteta. Yestestvennonauchnaya seriya* [Bulletin of Samara State University. Natural science series], 2007, no. 8, pp. 146–152.
 9. Cheprasova A. S., Sevostyanov M. A., Novikova N. G., Kolkova A. A., Marsheva A. V., Petrenko D. B., Vasiliev N. V. [Assessing the quality of soils and their components based on the content of inorganic substances]. In: *Agrokhimicheskiy vestnik* [Agrochemical Bulletin], 2023, no. 3, pp. 70–74.
 10. Pendyurin E. A., Syvatchenko A. V., Kiryushina N. Yu. [Method for restoring disturbed territories]. In: *Vektor GeoNauk* [Vector Geosciences], 2022, no. 1, pp. 83–89.
 11. Glinushkin A. P., Sviridova L. L., Sevostyanov M. A., Sycheva I. I., Grishina E. V. [Soil: review of production methods and application possibilities]. In: *Biotika* [Biotika], 2018, no. 6, pp. 10–19.
 12. Gilbert G. A., Knight J. D., Vance C. P., Allan D. L. Acid phosphatase activity in phosphorus-deficient white lupin roots. In: *Plant, Cell and Environment*, 1999, vol. 22, pp. 801–810.
 13. Barnes J. D., Balaguer L., Manrique E., Elvira S., Davison A. W. A reappraisal of the use of DMSO for the extraction and determination of chlorophylls *a* and *b* in lichens and higher plants. In: *Environmental and Experimental Botany*, 1992, no. 32, pp. 85–100.
 14. Mouradi M., Farissi M., Khadraji A., Makoudi B., Ghoulam C. Biochemical and antioxidant proprieties associated with the adaptation of faba bean (*Vicia faba* L.) – rhizobia symbiosis to phosphorus deficit. In: *Journal of Materials and Environmental Science*, 2018, no. 9, pp. 1574–1581.
 15. Heinonen J. K., Lahti R. A. A new and convenient colorimetric determination to the assay of inorganic pyrophosphatase. In: *Analytical Biochemistry*, 1981, vol. 113, no. 2, pp. 313–317.
 16. Lowry O. H., Rosenbrought N. J., Farr A. L., Rangel R. L. Protein measurement with the Folin Phenol Reagent. In: *Journal of Biological Chemistry*, 1951, vol. 193, no. 2, pp. 265–275.
 17. Sinha A. K. Colorimetric assay of catalase. In: *Analytical Biochemistry*, 1972, no. 47, pp. 389–394.
 18. Żebrowska E., Bujnowska E., Ciereszko I. Differential responses of oat cultivars to phosphate deprivation: plant growth and acid phosphatase activities. In: *Acta Physiologiae Plantarum*, 2011, vol. 34, pp. 1251–1260.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Дроганова Татьяна Сергеевна – старший преподаватель кафедры теоретической и прикладной химии факультета естественных наук, Государственный университет просвещения;

e-mail: tatyana droganova@gmail.com

Севостьянов Михаил Анатольевич – кандидат технических наук, руководитель центра Всероссийского научно-исследовательского института фитопатологии;

e-mail: smakp@mail.ru

Мазуркевич Анастасия Александровна – магистрант факультета естественных наук, Государственный университет просвещения;

e-mail: timocha3k@gmail.com

Давыдова Елизавета Денисовна – магистрант факультета естественных наук, Государственный университет просвещения;
e-mail: elizaveta.dav@yandex.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Tatyana S. Droганova – Senior Lecturer, Department of Theoretical and Applied Chemistry, Faculty of Natural Sciences, State University of Education;
e-mail: tatanadroganova@gmail.com

Mikhail A. Sevostyanov – PhD (Technica), Head of the Center, All-Russian Research Institute of Phytopathology;
e-mail: cmakp@mail.ru

Anastasia A. Mazurkevich – Master's Degree Student, Faculty of Natural Sciences, State University of Education;
e-mail: timocha3k@gmail.com

Elizaveta D. Davydova – Master's Degree Student, Faculty of Natural Sciences, State University of Education;
e-mail: elizaveta.dav@yandex.ru

ПРАВИЛЬНАЯ ССЫЛКА НА СТАТЬЮ

Оценка применимости искусственных почвогрунтов для выращивания растений / Т. С. Дроганова, М. А. Севостьянов, А. А. Мазуркевич, Е. Д. Давыдова // Географическая среда и живые системы. 2023. № 3. С. 186–199.
DOI: 10.18384/2712-7621-2023-3-186-199

FOR CITATION

Droganova T. S., Sevostyanov M. A., Mazurkevich A. A., Davydova E. D. Determination of the possibility of using artificial soils for growing plants. In: *Geographical Environment and Living Systems*, 2023, no. 3, pp. 186–199.
DOI: 10.18384/2712-7621-2023-3-186-199